

Concentração Geográfica de Pivôs Centrais no Brasil

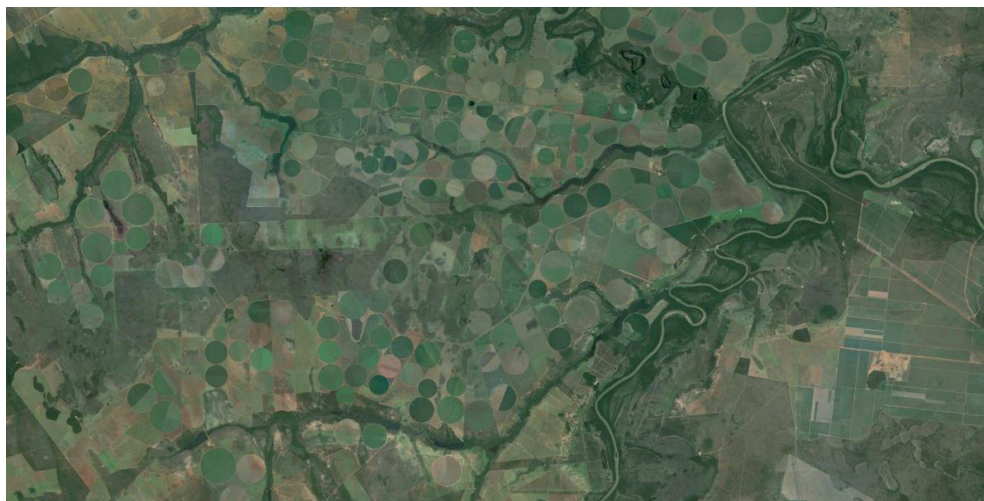


Imagem de satélite da região da Bacia do Rio Paracatu.

ISSN 1679-0154

Outubro, 2013

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Milho e Sorgo

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 69

Concentração Geográfica de Pivôs Centrais no Brasil

Elena Charlotte Landau

Larissa Moura

Daniel Pereira Guimarães

Andre Hirsch

Fernando Martins Pimenta

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro,

Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda

de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Google Maps 29/jun/2013

1ª edição

1ª impressão (2013): on line

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo

Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil / Elena Charlotte Landau ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

37 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 69).

1. Irrigação. 2. Distribuição geográfica. 3. Geoprocessamento. I. Landau, Elena Charlotte. II. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusões	29
Agradecimentos	30
Referências	31

Concentração Geográfica de Pivôs Centrais no Brasil

Elena Charlotte Landau¹

Larissa Moura²

Daniel Pereira Guimarães³

Andre Hirsch⁴

Fernando Martins Pimenta⁵

Resumo

A produtividade de diversas culturas depende, em grande parte, de fatores climáticos como precipitação, radiação solar e temperatura. Na maior parte do Brasil, o regime de chuvas praticamente determina a disponibilidade de água no solo. A adoção de sistemas de irrigação, como o controlado por meio de pivô central, tem possibilitado um aumento considerável de produtividade e a extensão do período apto para o plantio de culturas agrícolas, como a soja, o milho e o feijão. Este trabalho objetivou identificar regiões do Brasil em que ocorre maior

¹Bióloga, D.Sc. em Zoneamento Ecológico - Econômico, Agroclimatologia e Geoprocessamento, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br

²Graduanda em Engenharia Ambiental no Centro Universitário de Sete Lagoas – UNIFEMM, Bolsista PIBIC/CNPq na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, larissa7m@yahoo.com

³Engenheiro Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br

⁴Biólogo, Ph.D. em Modelagem de Distribuição Geográfica Potencial, Professor Adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG, hirsch_andre@ufsj.edu.br

⁵Bacharel em Biossistemas, estudante de Agronomia da Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG; Bolsista BAT II/ FAPEMIG na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, fernandomartinspimenta@yahoo.com.br

concentração de pivôs centrais. A partir de dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística foi calculada a proporção de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por município. A maior concentração de pivôs centrais foi observada em municípios situados no oeste do Estado de Minas Gerais, sudeste do Estado de Goiás, no Distrito Federal e no oeste do Estado da Bahia, regiões com altas produtividades de diversas culturas, relevo pouco acidentado e situadas principalmente nas Bacias hidrográficas dos Rios Paraná, São Francisco e Tocantins. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem considerar restrições relacionadas com disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente, bem como o uso eficiente do recurso, contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir, ou não, a futura expansão da área irrigada no país.

Termos para Indexação: agricultura irrigada, irrigação, pivô central, geoprocessamento, distribuição geográfica, análise espacial.

Geographic Concentration of Central Pivots in Brazil

Elena Charlotte Landau¹

Larissa Moura²

Daniel Pereira Guimarães³

Andre Hirsch⁴

Fernando Martins Pimenta⁵

Abstract

The yield of various crops largely depends on climatic factors such as rainfall, solar radiation and temperature. In most of Brazil, the rainfall mostly determines the availability of water in the soil. The adoption of irrigation systems, as the controlled by a central pivot, enabled a considerable increase in productivity and the extension of the suitable period for planting crops such as soybeans, corn and bean. This study aimed to identify the regions of Brazil with the higher concentration of center pivots. From data collected by IBGE it was calculated the proportion of rural properties with center pivots by municipality. The highest concentration of center pivots was observed in municipalities located in the northwest region of the State of Minas Gerais, southeast of the State of Goiás, in the Federal District, and in the west part of the State of Bahia, regions with the highest yields of several crops, lower slopes, and mainly located in the watersheds of the Paraná, São Francisco and Tocantins rivers. Despite the potential benefit of irrigation for agricultural production, strategies to increase agricultural production based

on the increasing of irrigated areas should consider restrictions associated with the water availability and the watershed use conflicts. Attitudes stimulating the improvement of water quality, conservation of springs and permanent preservation areas will contribute to improving the quality and quantity of the available water, allowing or not the future expansion of the irrigated area in Brazil.

Index-key: irrigated agriculture, irrigation, center pivot, GIS, geographic distribution, spatial analysis.

Introdução

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água naturalmente promovida pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (SETTI et al., 2001). A agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para reduzir a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural, aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola no local. Nos casos do milho e da soja, por exemplo, estima-se que a adoção de sistemas de irrigação possa proporcionar um aumento de produtividade em 57% e 60%, respectivamente. No caso do milho, por exemplo, a produtividade tem chegado a 6 toneladas de grãos por hectare, 57% acima das 3,8 toneladas por hectare sem a aplicação da tecnologia (PIVOT, 2013).

Um dos sistemas de irrigação é o pivô central (BRAGA; OLIVEIRA, 2005). A irrigação por aspersão via pivô central é o método no qual a área é irrigada por um sistema móvel, constituído por uma barra

com aspersores que se movimenta em torno de um ponto fixo (IBGE, 2007). Além de água, a estrutura também é usada para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas. O sistema chegou ao Brasil na década de 1970, tendo se consagrado como sistema de irrigação nas décadas seguintes, impulsionado, sobretudo, por programas governamentais como o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste), PROFIR (Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação) e o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), dado o custo relativamente baixo, a facilidade de operação e a eficiência entre 70 e 90% no uso da água (CHRISTOFIDIS, 2002; SCHMIDT et al., 2004).

De acordo com Christofidis (2005), a área ocupada pela agricultura irrigada no Brasil representa apenas 18% da área cultivada, respondendo por aproximadamente 42% da produção total de alimentos. Mesmo conhecendo que a adoção de sistemas de irrigação possibilita o aumento de produtividade de diversas culturas agrícolas, há carência de trabalhos representando geograficamente, em nível nacional, os municípios em que a aplicação da tecnologia é mais utilizada. O presente trabalho objetivou identificar as áreas de concentração de pivôs centrais no Brasil, permitindo a avaliação da importância potencial do sistema de irrigação para as diferentes regiões do país.

Material e Métodos

A partir da organização e do georreferenciamento de dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística durante o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2007), referentes a 31/dezembro/2006, foi mapeado o número de estabelecimentos rurais e de propriedades rurais com pivôs centrais por município. O IBGE disponibiliza os dados em nível

de município, microrregião, mesorregião e outros. Para alguns municípios não havia informações sobre o número total de estabelecimentos rurais e/ou o número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais. Os dados foram estimados considerando que os totais por microrregião correspondem ao somatório dos valores informados para os municípios da microrregião, e que os totais por mesorregião correspondem ao somatório dos dados relativos aos municípios da mesorregião. Assim, os dados correspondentes aos municípios sem informações foram estimados atribuindo valores de forma a que o somatório dos dados referentes aos municípios de cada microrregião e mesorregião fossem equivalentes aos totais informados para as respectivas microrregiões e mesorregiões em que cada um estava situado. Nas microrregiões em que apenas um município não apresentava informações, os dados relativos a esse município foram estimados subtraindo-se do valor total informado para a respectiva microrregião os valores dos municípios da microrregião com informações conhecidas (disponibilizadas). Nas microrregiões com mais de um município sem dados, foram atribuídos valores com base na diferença entre o total informado para cada município da microrregião e o somatório dos valores informados para os municípios com dados disponibilizados. Com base nessa diferença, para cada município sem dados foram atribuídos valores proporcionais à sua área total.

Dividindo o número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais pelo número total de estabelecimentos rurais do município foi calculada a percentagem de estabelecimentos rurais do município com pivôs centrais.

Os dados foram georreferenciados, utilizado sistema de informações geográficas (SIG), considerando a malha municipal digital do ano de 2005, no *Datum* cartográfico WGS84 (IBGE). Posteriormente, foram gerados mapas que permitiram a observação das áreas de concentração da irrigação por pivôs centrais no Brasil. Foram identificadas as bacias e sub-bacias hidrográficas que concentram a maior parte dos pivôs centrais do Brasil, a partir da sobreposição entre os mapas gerados e os mapas de bacias hidrográficas e sub-bacias elaborado pela ANA (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, c2001). A partir da sobreposição entre o mapa de declividade do Brasil, elaborado em 2009 por Elena Charlotte Landau e Daniel Pereira Guimarães, foi observada a variação média da declividade nas áreas de concentração de pivôs centrais. O mapa de declividade foi gerado a partir de modelos digitais de elevação obtidos pelo sensor SRTM-3 - *Shuttle Radar Topography* (GAMACHE, 2004), com tamanho de pixel de 90 metros, conforme metodologia apresentada em Guimarães et al. (2008). São apresentadas classes de declividade considerando graus de limitação por suscetibilidade à erosão, conforme Ramalho Filho e Beek (1995): níveis de declividade até 3% representam relevo plano ou praticamente plano; níveis de declividade entre 3 e 8%, relevo suavemente ondulado; entre 8 e 13%, relevo moderadamente ondulado e níveis de declividade maiores do que 13%, relevo variando de ondulado a fortemente ondulado e montanhoso/escarpado, com maior restrição para uso agrícola.

Resultados e Discussão

Durante o Censo Agropecuário, o IBGE levantou dados referentes a 31 de dezembro de 2006 em 175.175.471 estabelecimentos rurais situados em 5.564 municípios do Brasil,

correspondentes a 558 microrregiões e 137 mesorregiões. Dos estabelecimentos rurais, 3.333 apresentaram pivôs centrais, representando 0,0019% dos estabelecimentos rurais visitados. Mais da metade dos estabelecimentos rurais com pivôs centrais foi registrada na Região Sudeste (Fig. 1a). No entanto, a Região Centro-Oeste foi a que apresentou maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais (Fig. 1b).

A maior concentração de pivôs centrais foi observada em municípios situados no oeste do Estado de Minas Gerais (Mesorregiões Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba), sudeste do Estado de Goiás (Mesorregiões Sul e Leste Goiano), no Distrito Federal, no oeste do Estado da Bahia (Mesorregião Extremo Oeste Baiano), no Estado de São Paulo (Mesorregiões de Ribeirão Preto, Campinas e Bauru), no leste do Estado de Alagoas (Mesorregião do Leste Alagoano) e no Sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul (Mesorregião Sudoeste de Mato Grosso do Sul), regiões com clima quente, chuva mal distribuída ao longo do ano e altas produtividades de diversas culturas agrícolas (Figs. 2 e 3).

Os Estados com maior número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais foram Minas Gerais (788), São Paulo (741) e Goiás (552); no entanto, as Unidades da Federação com maior percentagem dos seus estabelecimentos rurais com pivôs centrais foram o Distrito Federal (1,42%), Goiás (0,41%) e Minas Gerais (0,14%) (Fig. 4). O Estado de São Paulo, apesar de ser o que apresenta o maior número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais, em termos relativos, apresentou uma das menores percentagens de estabelecimentos rurais com pivôs centrais (0,0005%).

A relação das microrregiões e municípios brasileiros com maiores número absoluto e percentagem de estabelecimento rurais que possuem pivôs centrais é apresentada nas Tabelas 1 a 4. Entre as microrregiões com maior concentração de pivôs centrais destacam-se Paracatu (MG), Meia Ponte (GO), Entorno de Brasília (GO), Unaí (MG), São Joaquim da Barra (SP), Mata Alagoana (AL) e Barreiras (BA). Entre os municípios, destacam-se Paracatu/MG, Unaí/MG, Guaíra/SP, Cristalina/GO, Brasília/DF, Miguelópolis/SP, São Miguel dos Campos/AL, Planura/MG, Vencentópolis/GO e Barra de São Miguel/AL.

As bacias e principais sub-bacias com maior concentração de número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais podem ser visualizadas na Figura 5. A maioria dos pivôs centrais do Brasil concentra-se nas Bacias dos Rios Paraná (Sub-bacias dos Rios Paranaíba-MG, GO e DF; Grande-SP e MG; Paranapanema-SP), São Francisco (Sub-bacias dos Rios Paracatu-MG, Urucuia-MG, Das Velhas-MG, Grande-BA) e Amazonas (Sub-bacia do Rio Araguaia-MT e GO).

Em relação ao relevo, conforme esperado, nota-se maior concentração de estabelecimentos rurais com pivôs centrais em municípios em que o relevo é menos acidentado, variando predominantemente de plano a moderadamente ondulado (Figura 6).

Trabalhos realizados por Ferreira et al. (2011), Guimarães e Landau (2011), Toledo et al. (2011) e Guimarães et al. (2012), que mapearam os pivôs centrais ocorrentes nos Estados de Minas Gerais e Distrito Federal a partir de imagens de satélite de 2008 a 2010, coincidiram em termos de concentração das áreas irrigadas por pivôs centrais nas Unidades da Federação

estudadas. O IBGE não disponibilizou dados sobre o número de pivôs centrais por estabelecimento rural visitado nem sobre a área ocupada pelos pivôs de cada estabelecimento rural ou município. Tecnologias como as apresentadas pelos autores citados, mas abrangendo todo o território nacional, possibilitariam a visualização de um panorama mais atual e preciso sobre a concentração de pivôs centrais por município e bacia hidrográfica. No caso do Estado de Minas Gerais, por exemplo, Guimarães e Landau (2011) mapearam 4.432 pivôs centrais em 2010, ocupando uma área de 303.368 ha. Apesar da existência de tecnologias que permitem um mapeamento mais preciso e atualizado da localização de cada pivô central do país, informações para todo o Brasil ainda não foram levantadas, dada a extensa área ocupada pelo território nacional. Assim, com base nas informações disponíveis, é possível identificar a concentração de pivôs centrais baseando-se na concentração de estabelecimentos rurais com pivôs centrais no país em 31 de dezembro de 2006. Trabalhos futuros, subsidiando o manejo de bacias hidrográficas de interesse, demandarão levantamentos por pivô central.

A adoção de sistemas de irrigação proporciona um aumento de produtividade para diversas culturas agrícolas. Por outro lado, a agricultura irrigada demanda o uso de grande volume d'água e energia, sendo apontada como a principal fonte de captação da água disponível nos mananciais, representando mais do que 70% da água consumida pela humanidade (SETTI et al., 2001). Conforme Christofidis (2008), durante a segunda metade do século XX, a população mundial dobrou, no mesmo período em que o consumo de água quadruplicou. Segundo Müller (FALEIROS, 2011), enquanto a população mundial dobrou de tamanho o total de áreas ocupadas pela agricultura cresceu apenas 12%,

revelando o enorme ganho de produtividade. Entretanto, mesmo com o avanço da tecnologia agrícola, o cenário para as próximas décadas representa um enorme desafio, como ficou demonstrado em Estocolmo, na Suécia, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). De acordo com as últimas projeções, até 2050, a população mundial deverá alcançar 9 bilhões de habitantes (hoje somos 7 bilhões) e, com isso, a demanda por alimentos, subiria 70%. No modelo atual de produção, em que as áreas irrigadas têm grande importância, o consumo de água cresceria 55% para suprir a demanda de alimentos e, se isso ocorresse, a demanda global por água poderia ser maior do que a oferta em apenas 20 anos. Conforme Müller (FALEIROS, 2011), diretor do programa de Recursos Naturais da *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations* ou Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), dois fatores ainda tornarão a relação água e agricultura mais complicada no futuro próximo: o crescimento do consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento e a competição pelo uso da água entre a agricultura e a energia.

Christofidis (2005) considerou que, em função de sua disponibilidade hídrica, o Brasil teria um potencial 13% superior às capacidades mundiais de incorporação de novas áreas irrigadas. Apesar disso, o uso de irrigação na agricultura demanda cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional da água, evitando o desperdício e a contaminação do entorno (SETTI et al., 2001; ALBUQUERQUE et al., 2010). Se utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente a qualidade dos solos, assim como a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em função do uso de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (SETTI et al., 2001).

Em termos ambientais, as principais causas que comprometem a oferta e a qualidade da água, gerando os conflitos pelo uso da água, decorrem do assoreamento e da poluição de cursos e corpos d'água (rios, açudes, lagoas), causados pela erosão, mineração e pelo uso de agrotóxicos. O assoreamento diminui a vazão dos rios, reduzindo, portanto, a disponibilidade hídrica. Dados da diretoria de pesquisa do IBGE informaram que 44% dos municípios brasileiros revelaram problemas de assoreamento dos rios como a principal causa de prejuízos de atividades pesqueiras, por exemplo, sendo os principais Estados prejudicados o Ceará, o Rio Grande do Norte e a Bahia (PINHEIRO et al., 2009). O assoreamento da grande maioria dos corpos d'água está associado a práticas agrícolas inadequadas nas lavouras, tais como o desmatamento das margens dos rios e o uso indiscriminado de queimadas, que prejudicam a fertilização dos solos e favorecem a erosão. Com os solos desprotegidos, a água que deveria percolar para o lençol freático torna-se veículo de sedimentos para o leito dos rios e riachos, diminuindo a vazão e carreando sedimentos e resíduos para os reservatórios (LIMA et al., 2008).

Outra questão importante a considerar é a eficiência do uso da água (COELHO, 2005; ALBUQUERQUE et al., 2010). Segundo Coelho (2005), a agricultura irrigada no Brasil tem uma eficiência de apenas 60%, o que implica riscos de danos ambientais pela dispersão de fertilizantes e defensivos agrícolas, além do risco de salinização das terras. Nunes et al. (2006) mostram os impactos da agricultura irrigada na salinização e sodificação dos solos do perímetro irrigado de Janaúba, Minas Gerais. Bernardo (1992) apresenta análise detalhada dos principais impactos ocasionados pela agricultura irrigada no Brasil. A tendência de escassez dos recursos hídricos, em contraponto à sua crescente demanda, tem causado sérios conflitos pelo uso da água. Lima et al. (1999) citam uma demanda

por outorga da ordem de 770 m³/s na bacia do Rio São Francisco, o que corresponde a 27% da vazão média verificada na sua foz e cerca da metade da vazão mínima com duração de 7 dias e período de retorno de 10 anos (PRUSKI et al., 2005). Ressalta-se ainda a importância do uso da água para suprir outras atividades humanas, tais como geração de energia, uso industrial e saneamento básico, além da necessidade de preservação dos ecossistemas aquáticos

Embora o Brasil seja o país mais bem dotado de reservas hídricas do planeta, estas, por sua vez, não estão distribuídas de acordo com a concentração das populações. Nem sempre onde ocorrem as maiores concentrações urbanas e altas demandas estão presentes as maiores porções dessas reservas hídricas, e isso causa sérios problemas em relação à manutenção do abastecimento das regiões mais populosas (ZOLIN et al., 2011). O aumento da demanda pelo uso da água, evidenciado nos últimos anos, vem causando sérios conflitos entre os seus usuários em muitas regiões da Terra, fazendo, em muitos casos, que a água se torne fator limitante para o desenvolvimento sustentável (PRUSKI et al., 2007). Assim, a gestão dos recursos naturais no âmbito de determinadas unidades geoambientais, tais como as microbacias hidrográficas e a organização produtiva, deve ser tarefa coletiva, pois a partir de um projeto participativo e negociado seria possível fazer com que cada comunidade definisse como coletar e armazenar a água de escoamento, plantio de espécies nativas em nascentes, reposição de mata ciliar, cuidados com a área de recarga dos mananciais, implantação de cordões de vegetação e obras civis que impeçam o assoreamento e as diferentes formas de erosão (PINHEIRO et al., 2009).

Adicionalmente, deve-se definir: área de plantio e o uso do solo; como escolher as lavouras e os tipos de produção animal; e o destino dos seus produtos. Para tanto, será necessário que cada microbacia ou conjunto de microbacias hidrográficas conte com consórcios ou associações que concebam e promovam as intervenções necessárias tanto em termos institucionais e organizacionais, quanto no aspecto tecnológico (SILVA; PRUSKI, 1997; PINHEIRO et al., 2009), amparados na legislação vigente, como:

- Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, Arts. 84 e 85 - Política agrícola (BRASIL, 1991),
- Lei 9433/97, capítulo II, artigo 5º, inciso IV – Cobrança pelo uso de recursos hídricos (BRASIL, 1997),
- Leis relativas ao Código Florestal (BRASIL, 1965, 2012a,b).

A dificuldade para a adoção dessas estratégias reside no fato de serem ações sem retorno imediato, contrariando a cultura imediatista predominante (PINHEIRO et al., 2009). O monitoramento das áreas consumidoras de água é também fundamental para o estabelecimento de políticas de gestão dos recursos dentro dos princípios de sustentabilidade ambiental. A definição de estratégias de conservação e uso da água deverá considerar a quantidade, qualidade, conservação e os múltiplos usos pretendidos da água disponível por bacia hidrográfica.

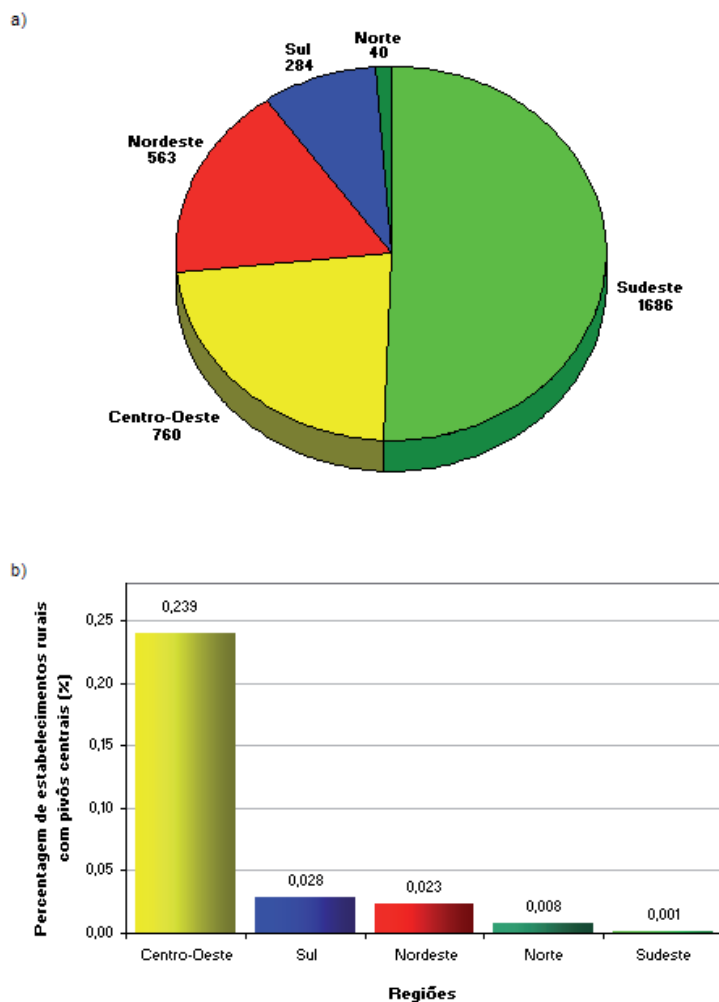


Figura 1. Frequência de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por região geopolítica do Brasil: a) número de estabelecimentos com pivôs centrais, b) porcentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais.

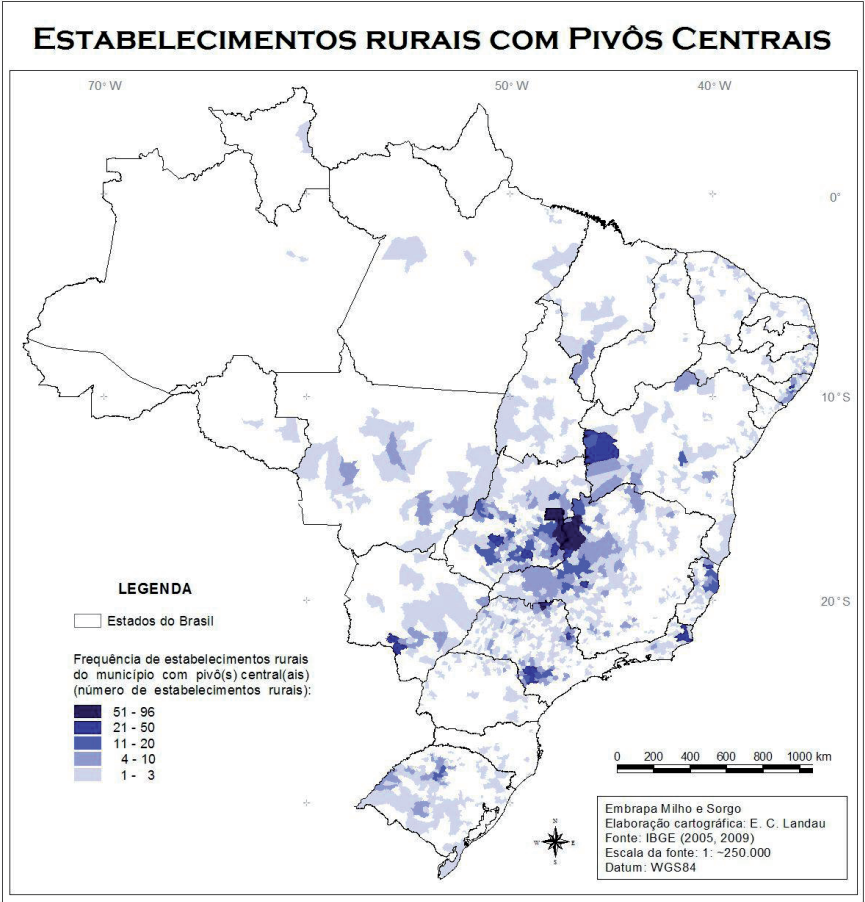


Figura 2. Frequência absoluta de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por município do Brasil em 2006.

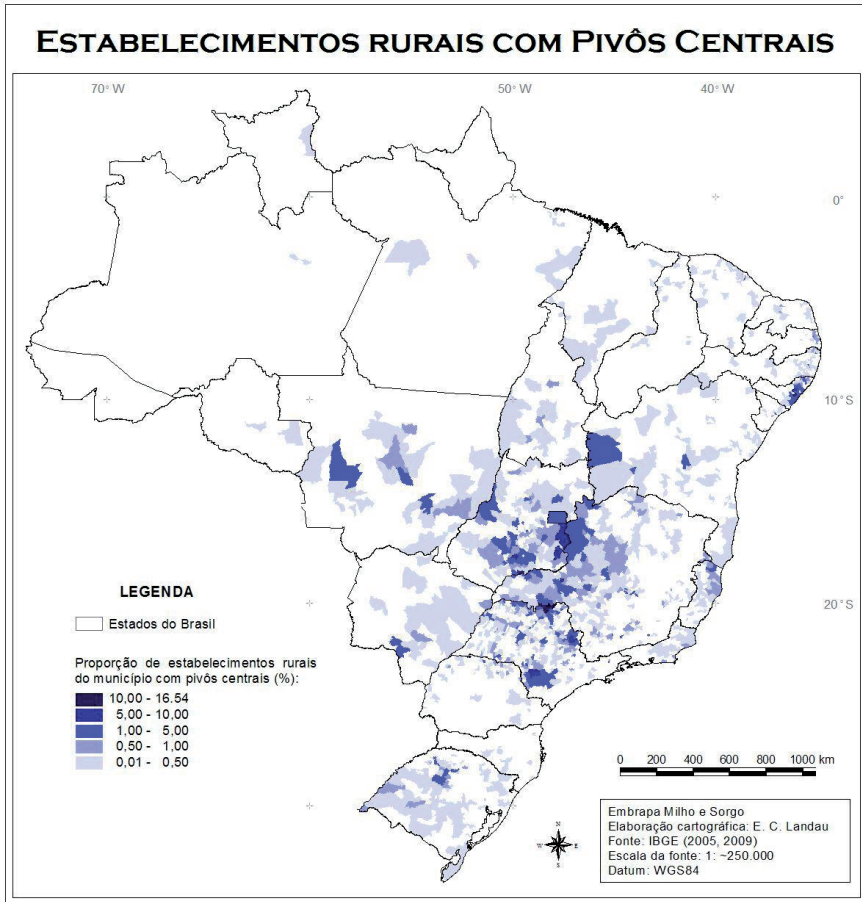


Figura 3. Frequência relativa de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por município do Brasil em 2006.

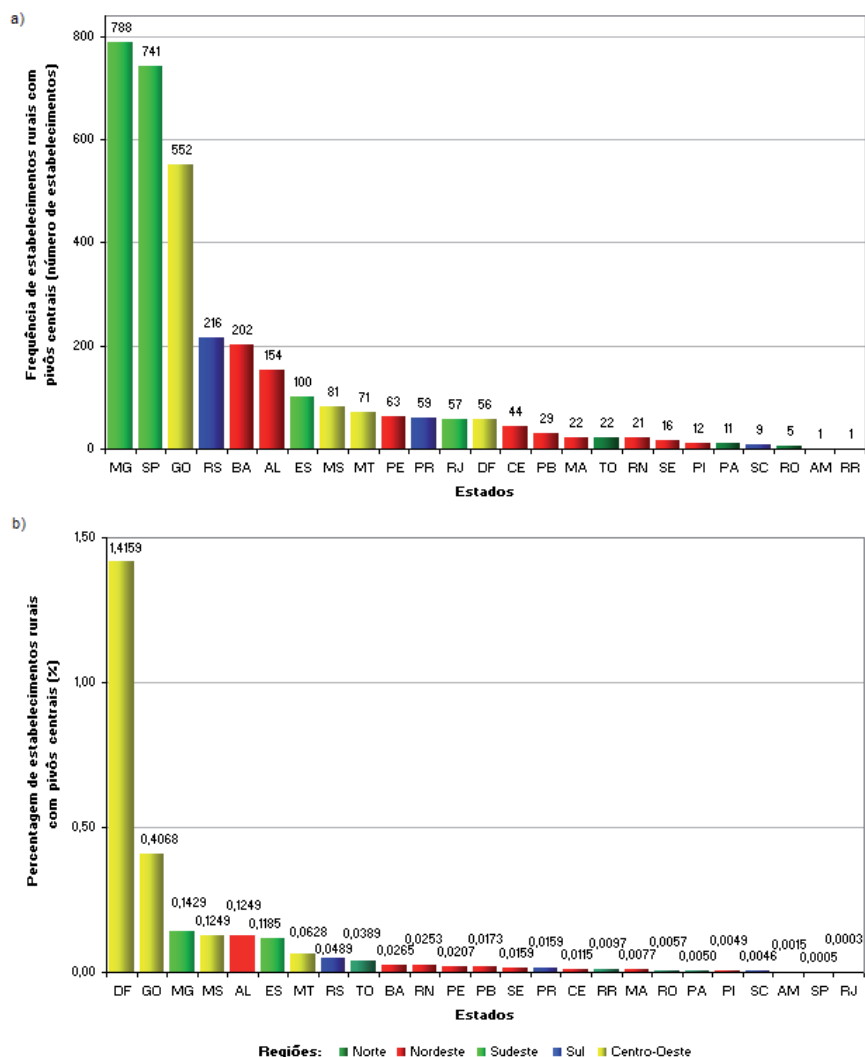


Figura 4. Frequência de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por Estado do Brasil: a) número de estabelecimentos com pivôs centrais; b) percentagem de estabelecimentos com pivôs centrais.



Figura 5. Bacias e principais sub-bacias hidrográficas com maior concentração de estabelecimentos rurais com pivôs centrais no Brasil em 2006.

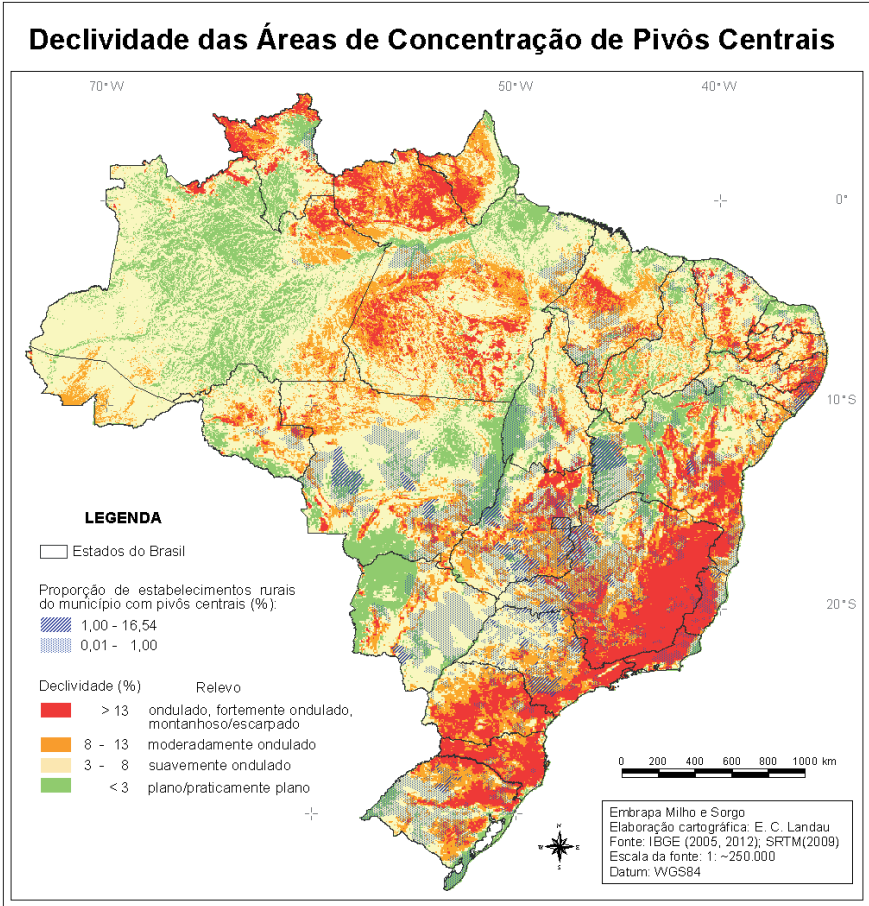


Figura 6. Variação do relevo nos municípios com maior concentração de estabelecimentos rurais com pivôs centrais no Brasil em 2006.

Tabela 1. Microrregiões do **Brasil** com maior frequência de estabelecimentos rurais com pivô(s) central(is) em 31 de dezembro de 2006.

Microrregião	UF	Mesorregião	Número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais (N ^o . de estabel.)
Paracatu	MG	Noroeste de Minas	174
Meia Ponte	GO	Sul Goiano	132
Entorno de Brasília	GO	Leste Goiano	115
Unaí	MG	Noroeste de Minas	110
São Joaquim da Barra	SP	Ribeirão Preto	105
Itapeva	SP	Itapetininga	100
Avaré	SP	Bauru	88
	SP	Campinas	85
São João da Boa Vista			
Barreiras	BA		69
		Extremo Oeste Baiano	
Mata Alagoana	AL	Leste Alagoano	69
Vale do Rio dos Bois	GO	Sul Goiano	69
Patos de Minas	MG	Triângulo Mineiro	68
Cruz Alta	RS	Noroeste Rio-Grandense	65
Brasília	DF	Distrito Federal	56
Uberlândia	MG	Triângulo Mineiro	56
Dourados	MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	54
Patrocínio	MG	Triângulo Mineiro	53
São Miguel dos Campos	AL	Leste Alagoano	44
Araxá	MG	Triângulo Mineiro	42
Pires do Rio	GO	Sul Goiano	42

Tabela 2. Municípios do **Brasil** com maior frequência de estabelecimentos rurais que utilizavam irrigação por pivô central em 31 de dezembro de 2006.

Município	UF	Microrregião	Número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais (Nº. de estabel.)
Paracatu	MG	Paracatu	96
Unaí	MG	Unaí	64
Guaíra	SP	São Joaquim da Barra	63
Cristalina	GO	Entorno de Brasília	60
Brasília	DF	Brasília	56
Casa Branca	SP	São João da Boa Vista	41
Paranapanema	SP	Avaré	41
Ponta Porã	MS	Dourados	40
Rio Paranaíba	MG	Patos de Minas	38
Guarda-Mor	MG	Paracatu	37
Itaí	SP	Avaré	36
Morrinhos	GO	Meia Ponte	36
Miguelópolis	SP	São Joaquim da Barra	31
Itapeva	SP	Itapeva	29
Barreiras	BA	Barreiras	28
Atalaia	AL	Mata Alagoana	26
São Desidério	BA	Barreiras	25
Campos dos Goytacazes	RJ	Campos dos Goytacazes	24
Paraúna	GO	Vale do Rio dos Bois	24
Campo Alegre de Goiás	GO	Catalão	23

Tabela 3. Microrregiões do **Brasil** com maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivô(s) central(ais) em 31 de dezembro de 2006.

Microrregião	UF	Mesorregião	Percentagem de estabelecimentos rurais com pivô(s) central(ais) (%)
São Joaquim da Barra	SP	Ribeirão Preto	38,95
Meia Ponte	GO	Sul Goiano	32,52
	SP	Campinas	27,13
São João da Boa Vista			
São Miguel dos Campos	AL	Leste Alagoano	20,34
Mata Alagoana	AL	Leste Alagoano	19,74
Maceió	AL	Leste Alagoano	17,85
Avaré	SP	Bauru	15,50
Itapeva	SP	Itapetininga	14,86
Frutal	MG	Triângulo Mineiro	14,24
Paracatu	MG	Noroeste de Minas	14,16
São Jose do Rio Preto	SP	São José do Rio Preto	14,12
Uberlândia	MG	Triângulo Mineiro	13,34
Rio Vermelho	GO	Noroeste Goiano	12,59
Entorno de Brasília	GO	Leste Goiano	11,68
Vale do Rio dos Bois	GO	Sul Goiano	11,46
Patrocínio	MG	Triângulo Mineiro	10,46
Unaí	MG	Noroeste de Minas	10,04
		Metropolitana de Belo	
Sete Lagoas	MG	Horizonte	10,01
		Noroeste Rio-	
Cruz Alta	RS	Grandense	9,31
Uberaba	MG	Triângulo Mineiro	9,28

Tabela 4. Municípios do **Brasil** com maior proporção de estabelecimentos rurais que utilizavam irrigação por pivô central em 31 de dezembro de 2006.

Município	UF	Microrregião	Percentagem de estabelecimentos rurais com pivô(s) central(ais) (%)
Guaíra	SP	São Joaquim da Barra	16,54
Miguelópolis	SP	São Joaquim da Barra	14,29
São Miguel dos Campos	AL	São Miguel dos Campos	11,11
Planura	MG	Frutal	10,00
Vicentinópolis	GO	Meia Ponte	9,48
Barra de São Miguel	AL	Maceió	8,70
Casa Branca	SP	São João da Boa Vista	7,85
Vargem Grande do Sul	SP	São João da Boa Vista	7,79
Paranapanema	SP	Avaré	7,14
Romaria	MG	Patrocínio	6,94
Campo Alegre de Goiás	GO	Catalão	6,85
Atalaia	AL	Mata Alagoana	5,94
Itaí	SP	Avaré	5,76
Paranapoema	PR	Paranavaí	5,71
Cristalina	GO	Entorno de Brasília	5,32
Cachoeira Dourada	GO	Meia Ponte	5,10
Itobi	SP	São João da Boa Vista	4,97
Britânia	GO	Rio Vermelho	4,84
Paracatu	MG	Paracatu	4,82

Conclusões

A utilização de irrigação por pivôs centrais no Brasil concentra-se principalmente no noroeste do Estado de Minas Gerais, no Distrito Federal, no sudeste do Estado de Goiás, no oeste do Estado da Bahia, em parte do Estado de São Paulo e no leste do Estado de Alagoas, em municípios com relevo predominantemente plano a moderadamente ondulado. A maior concentração de pivôs concentra-se nas bacias hidrográficas dos Rios Paraná, São Francisco e Tocantins. O uso de irrigação possibilita o aumento da produtividade e produção agrícola de diversas culturas. Apesar de os benefícios provenientes do uso da irrigação serem incontestáveis, projetos de irrigação podem causar impactos adversos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água, à saúde pública e ao aspecto socioeconômico da região, agravando conflitos regionais pelo uso da água.

A crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* no mercado internacional e aumento da demanda de alimentos no mercado interno provavelmente demandarão a expansão das áreas irrigadas no país. Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração restrições relacionadas com a disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse,

Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente contribuirão para melhorar a qualidade e a quantidade de água disponível, permitindo a futura expansão da área irrigada no país, devendo ser consideradas para a definição de políticas nacionais e estaduais

de recursos hídricos envolvendo o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), à Universidade Federal de São João del-Rei / Campus Sete Lagoas (UFSJ / CSL) e ao Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM) pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **HidroWeb**: sistema de informações hidrológicas: arquivos digitais: bacias hidrográficas brasileiras. c2001. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COUTINHO, A. C.; ANDRADE, C. de L. T. de; GUIMARÃES, D. P.; DUARTE, J. de O. **Manejo da irrigação em pivôs centrais do Cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 112). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31674/1/doc-112.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1992. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_

irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 849-856. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.25/doc/849.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Federal%20e%20Estadual/Lei%20Federal%204.771-65%20-%20Codigo%20Florestal.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 28 maio 2012a.

Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em: 25 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 mar. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm>. Acesso em: 01 abr. 2013.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos**: o papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 29 p.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S. H. **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Brasília: Garamond, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Novos olhares sobre a irrigação no mundo, no Brasil e na bacia do rio São Francisco. **Revista ITEM**, Belo Horizonte, v. 78, 2008.

COELHO, E. F. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005. Disponível em: <http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

FALEIROS, G. ONU aponta desafio no uso da água na agricultura. **((o))eco Reportagens**, 29 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/reportagens/25262-onu-aponta-desafio-no-uso-da-agua-na-agricultura>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

FERREIRA, E.; TOLEDO, J. H. de; DANTAS, A. A. A.; PEREIRA, R. M. Cadastro das áreas irrigadas por pivôs centrais, em Minas Gerais, utilizando imagens do satélite CBERS-2B/CCD. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000400015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso: 25 fev. 2013.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Campinas: Unicamp, 2001. 219 p.

GAMACHE, M. Free and low cost datasets for international mountain cartography. 2004. Disponível em: <http://www.icc.es/workshop/abstracts/ica_paper_web3.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2009.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57934/1/bol-40.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. e C. da. **Relevo digital dos municípios brasileiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 75). Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=491745&biblioteca=vazio&busca=relevo%20digital%20landau&qFacets=relevo%20digital%20landau&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 30 mar. 2013.

GUIMARAES, D. P.; SOUZA, A. O.; MARTINS, R. F. Crescimento da agricultura irrigada por pivô central no Distrito Federal. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 9., 2012, Poços de Caldas. **Como a tecnologia pode auxiliar na preservação do meio ambiente**: anais. Poços de Caldas: GSC, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71976/1/Crescimento-agricultura.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2011.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. de (Org.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: MME: MMA-SRH: OMM: PNUD, 1999. p. 73-101.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. 2008. Disponível em: http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80ispcrr5frx0q4.pdf. Acesso em: 01 abr. 2013.

NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características físicas

de solos da região de Janaúba-MG, irrigados com água de poços tubulares ou do rio Gorutuba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2006.

OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; TURANI, M.; REINHARDT, A. O. Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.10.17.37/doc/1835-1842.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

PINHEIRO, J. C. V.; CARVALHO, R. M.; FREITAS, K. S. de. Análise do suprimento atual e potencial de água potável para os Municípios cearenses. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 107-121, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a08v21n2.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

PIVOT. Irrigação notícias. Disponível em: <<http://www.pivot.com.br/irrigacao/pivo/?ir=3&id=2026>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Comportamento hidrológico na Foz do Rio São Francisco durante período de 1950 a 1999. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 118-123, 2005. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n2p118-123.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. del G.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA, A. de F. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e

humano, na bacia do Paracatu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, mar./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n2/v11n2a11.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Ver. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M. A.; ANTUNES, M. A. H. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 330-333, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a26.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília-DF. MMA-SRH-ABEAS-UFV. 1997. 252 p.

SILVEIRA, P. M. da; COBUCCI, T.; RIOS, G. P.; STONE, L. F.; SILVA, O. F. da. **Sistemas agrícolas irrigados nos cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 63 p.

TOLEDO, J. H.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; SILVA, L. S. C.; PEREIRA, R. M. Mapeamento de sistemas de pivôs centrais no

Estado de Minas Gerais a partir de imagens CBERS-2B/CCD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 331-338. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0498.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da Erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do Programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 2157-2166, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n6/a30v35n6.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

